

PCT/JP 2004/015007

04.11.2004

PA 1220896

REC'D 26 NOV 2004

WIFO

PCT

# THE UNITED STATES OF AMERICA

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME:

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

United States Patent and Trademark Office

September 09, 2004

THIS IS TO CERTIFY THAT ANNEXED HERETO IS A TRUE COPY FROM THE RECORDS OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE OF THOSE PAPERS OF THE BELOW IDENTIFIED PATENT APPLICATION THAT MET THE REQUIREMENTS TO BE GRANTED A FILING DATE UNDER 35 USC 111.

APPLICATION NUMBER: 60/509,996

FILING DATE: *October 10, 2003*

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

By Authority of the  
COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS



*W. Montgomery*  
W. MONTGOMERY  
Certifying Officer

# **PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT COVER SHEET** This is a request for filing a PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT under 37 CFR 1.53(c).

## **INVENTOR(S)**

Given Name (first and middle (if any))	Family Name or Surname	Residence (City and either State or Foreign Country)	
Tomoyuki MAEDA		Ome	Japan
Soichi OIKAWA		Ome	Japan
Takeshi IWASAKI		Ome	Japan
Futoshi NAKAMURA		Ome	Japan

☒ Additional inventors are being named on the 1 separately numbered sheet(s) attached hereto

## **TITLE OF THE INVENTION (500 characters max)**

PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING MEDIUM, PRODUCTION PROCESS THEREOF, AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING APPARATUS

## **CORRESPONDENCE ADDRESS**

Direct all correspondence to the address for SUGHRUE MION, PLLC filed under the Customer Number listed below:

WASHINGTON OFFICE

**23373**

CUSTOMER NUMBER

## **ENCLOSED APPLICATION PARTS (check all that apply)**

- Specification  
(Japanese Language)      Number of Pages      nineteen (19)      ☐ CD(s), Number
- ☒ Drawing(s)      Number of Sheets      four (4)      ☐ Other (specify)
- ☐ Application Data Sheet. See 37 CFR 1.76

## **METHOD OF PAYMENT OF FILING FEES FOR THIS PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT**

- ☐ Applicant claims small entity status. See 37 CFR 1.27.
- ☒ A check or money order is enclosed to cover the Provisional filing fees. The USPTO is directed and authorized to charge all required fees, except for the Issue Fee and the Publication Fee, to Deposit Account No. 19-4880. Please also credit any overpayments to said Deposit Account.
- ☐ The USPTO is hereby authorized to charge the Provisional filing fees to our Deposit Account No. 19-4880. The USPTO is directed and authorized to charge all required fees, except for the Issue Fee and the Publication Fee, to Deposit Account No. 19-4880. Please also credit any overpayments to said Deposit Account.

**FILING FEE  
AMOUNT (\$)**

**\$160.00**

The invention was made by an agency of the United States Government or under a contract with an agency of the United States Government.

- ☒ No.
- ☐ Yes, the name of the U.S. Government agency and the Government contract number are:

Respectfully submitted,

SIGNATURE Sheldon I. Landsman

DATE October 10, 2003

TYPED or PRINTED NAME Sheldon I. Landsman

REGISTRATION NO. Sheldon I. Landsman

TELEPHONE NO. (202) 293-7060

DOCKET NO. P77896

**USE ONLY FOR FILING A PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT**

13142 U.S. PTO  
60/509996



**PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT COVER SHEET**  
*Additional Page*

Docket Number		P77896	
<b>INVENTOR(S)</b>			
Given Name (first and middle if any)	Family Name or Surname	Residence (City and either State or Foreign Country)	
Hiroshi SAKAI		Ichihara	Japan
Kenji SHIMIZU		Ichihara	Japan
Akira SAKAWAKI		Ichihara	Japan

【書類名】明細書

【発明の名称】垂直磁気記録媒体、その製造方法、及び磁気記録再生装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気記録技術を用いたハードディスク装置等に用いられる粒子分散型磁気記録媒体、その製造方法、及び磁気記録再生装置に用いて好適な技術に関する。

【背景技術】

【0002】

コンピュータを中心に利用されている情報記録、再生を行う磁気記憶装置（HDD）は、その大容量、安価性、データアクセスの速さ、データ保持の信頼性などの理由により、近年徐々に応用の幅を広げ、家庭用ビデオデッキ、オーディオ機器、車載ナビゲーションシステムなど様々な分野で利用されている。HDDの利用の幅が広がるにつれ、その記憶容量の高密度化の要求も増し、近年HDDの高密度化開発はますます激しさを増している。

【0003】

現在、市販されている磁気記録再生装置には、面内磁気記録方式が利用されている。この方式では、情報を記録する磁気記録層を構成する磁性結晶粒子が、基板に対して平行方向にその磁化容易軸を持つ。ここで、磁化容易軸とは、磁化の方向が向きやすい軸のことであり、Co系合金の場合、Coのhcp構造のc軸のことを指す。面内磁気記録媒体では、記録密度を高めるため記録ビットを小さくすることに対応して、磁性層の磁化反転単位径が小さくなりすぎ、その情報が熱的に消去されるいわゆる熱ゆらぎ効果によって、記録再生特性が悪化する可能性がある。さらに、高密度化につれ、記録ビット間の境界領域で発生する反磁界の影響により媒体から発生するノイズが増大する傾向がある。

【0004】

これに対し、磁気記録層中の磁化容易軸が基板に対して、略垂直方向に配向した、いわゆる垂直磁気記録方式は、高密度化の際にも記録ビット間の反磁界の影響が少なく、また高密度化においても静磁的に安定である。このため、垂直磁気記録方式は、面内記録方式に変わる技術として、近年大きな注目を集めている。垂直磁気記録媒体は、一般に、基板と、磁気記録層を配向させるための配向制御下地層と、硬質磁性材料の磁気記録層と、磁気記録層の表面を保護する保護層から形成されている。さらに、基板と下地層との間に、記録時に磁気ヘッドから発生する磁束を集中させる役割を担う軟磁性裏打ち層が設けられることもある。

【0005】

垂直磁気記録媒体においても、記録密度の高密度化には、熱安定性を保ちながら低ノイズ化を実現する必要がある。ノイズ低減法としては、記録層の磁性結晶粒子そのものの大きさを微細化する方法が一般に用いられている。現在、広く用いられているCoCr系磁性層を例にとると、TaやBを添加し、あるいは適当な温度で熱して粒界に非磁性Crを偏析させることによって、磁性粒子を微細化させている。しかし垂直磁気記録媒体では、Cr偏析による磁性粒子微細化が十分に達成できておらず、磁性結晶粒子間の空間的な分離も不完全なため、粒子間の磁気的相互作用が十分低減できていない。これにより、記録ビット間の転移ノイズが十分低減できないという問題が起こっていた。

【0006】

この磁気的相互作用を低減させる方策として、記録層にSiO<sub>x</sub>を添加し、磁性結晶粒子がこれらの添加物によって取り囲まれたグラニュー構造を有する磁気記録層を形成する方法がある（例えば、特許文献1参照）。

また、特許文献2に磁性薄膜に少なくとも一種のアルカリ土類金属の酸化物を添加する技術が開示されている。

【特許文献1】特開2002-83411号公報

【特許文献2】特開平09-204651号公報

【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかし、 $\text{SiO}_x$ は、膜中における拡散速度が遅く、磁性結晶粒界へ十分に析出できないため、析出しきれない $\text{SiO}_x$ の一部は、磁性結晶粒子と過飽和固溶体を形成し、そのため磁性結晶粒子の結晶性や配向性が乱れ、その結果、記録再生(R/W)特性における信号対ノイズ比(SNR)が低化するという問題があった。

【0008】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、磁性結晶粒子の結晶性や配向性を乱すことなく、磁性結晶粒子の粒径を微細化せしめ、良好なSNR特性を有し、高密度記録が可能な垂直磁気記録媒体及びこれを用いた磁気記録装置を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は以下の手段を提供する。すなわち、

## (1) 基板と、

該基板上に形成された少なくとも一層の下地層と、

該下地層上に形成されて、磁化容易軸が前記基板面に対し垂直に配向し、磁性結晶粒子と該磁性結晶粒子を取り囲む粒界領域とを有する垂直磁気記録層と、を含み、

前記粒界領域は、Siの酸化物を含み、かつ、Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの内より選択される少なくとも1種の元素を含有するとともに、

前記垂直磁気記録層に含まれるSi, Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの物質量の合計の割合が、1モル%以上20モル%以下であることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

(2) 前記垂直磁気記録層の前記粒界領域に含まれるLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの物質量の合計の割合が、1モル%以上30モル%以下であることを特徴とする前項1に記載の垂直磁気記録媒体。

(3) 前記磁性結晶粒子は、Coを主成分とし、Pt及びCrを含有することを特徴とする前項1から2に記載の垂直磁気記録媒体。

(4) 前記下地層の少なくとも一層が、Ru, Ti, Rh, Pt, Pd, Tiの内より選択される少なくとも一種の元素を主成分とすることを特徴とする前項1ないし3のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体。

(5) 前記下地層の少なくとも一層が、Ru, Ti, Rh, Pt, Pd, Tiの内より選択される少なくとも一種の元素を主成分とする非磁性結晶粒子と、該非磁性結晶粒子を取り囲む粒界領域とから構成され、

前記粒界領域は、Si, Cr, Tiの内より選択される少なくとも1種の元素の酸化物を含むことを特徴とする前項1ないし4のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体。

(6) 前記下地層中の前記粒界領域は、Siの酸化物を含み、かつLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの内より選択される少なくとも1種の元素を含有することを特徴とする前項5に記載の垂直磁気記録媒体。

(7) 前記下地層に含まれるSi, Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの物質量の合計の割合が、1モル%以上20モル%以下であることを特徴とする前項1ないし6のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体。

(8) 前記下地層の前記粒界領域に含まれるLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの物質量の合計の割合が、1モル%以上30モル%以下であることを特徴とする前項1から7に記載の垂直磁気記録媒体

## (9) 基板に下地層を形成する工程と、

該下地層上に、磁性結晶粒子材料と、Siの酸化物及びLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの内より選択される少なくとも1種の元素を含む材料とを蒸着して磁性結晶粒子及び該磁性結晶粒子を取り囲む粒界領域を有する垂直磁気記録層を形成する工程と、を含むことを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造方法

(10) 前記垂直磁気記録層中の粒界領域が、Siの酸化物を含み、かつLi, Na,

K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの内より選択される少なくとも1種の元素を含有することを特徴とする前項9に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(11) 前記垂直磁気記録層に含まれるSi, Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの物質量の合計の割合を、1モル%以上20モル%以下とすることを特徴とする前項9または10に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(12) 前記垂直磁気記録層の前記粒界領域に含まれるLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの物質量の合計の割合が、1モル%以上30モル%以下であることを特徴とする前項9から11に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(13) 前記磁性結晶粒子は、Coを主成分とし、Pt及びCrを含有することを特徴とする前項9ないし12のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(14) 前記下地層の少なくとも一層が、Ru, Ti, Rh, Pt, Pd, Tiの内より選択される少なくとも一種の元素を含むことを特徴とする前項9ないし13のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(15) 前記下地層の少なくとも一層が、Ru, Ti, Rh, Pt, Pd, Tiの内より選択される少なくとも一種の元素を含む非磁性結晶粒子と、該非磁性結晶粒子を取り囲む粒界領域とから構成され、

前記粒界領域は、Si, Cr, Tiの内より選択される少なくとも1種の元素の酸化物を含むことを特徴とする前項9ないし14のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(16) 前記下地層の前記粒界領域に含まれるSi, Cr, Tiの内より選択される少なくとも1種の元素の酸化物の割合が、1モル%以上20モル%以下であることを特徴とする前項15に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(17) 前記下地層中の前記粒界領域は、Siの酸化物を含み、かつLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの内より選択される少なくとも1種の元素を含有することを特徴とする前項15ないし16のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(18) 前記下地層の前記粒界領域に含まれるLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの物質量の合計の割合が、1モル%以上30モル%以下であることを特徴とする前項15から17に記載の垂直磁気記録媒体の製造方法。

(19) 前項1ないし8のいずれか1項に記載の垂直磁気記録媒体と、記録再生ヘッドとを具備することを特徴とする磁気記録再生装置。

(20) 前記記録再生ヘッドは、単磁極記録ヘッドである前項19に記載の磁気記録再生装置。

#### 【0010】

本発明は、第1に、基板と、該基板上に形成された下地層と、該下地層上に形成され、磁化容易軸が基板に対し垂直に配向し、磁性結晶粒子と、該磁性結晶粒子を取り囲む粒界領域とを有する垂直磁気記録層とを具備し、前記粒界領域は、Siの酸化物を含み、かつLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの内より選択される少なくとも1種の元素を含有することを特徴とする垂直磁気記録媒体を提供する。

本発明は、第2に、下地層が形成された基板を用意し、該下地層上に、磁性結晶粒子材料と、Siの酸化物及びLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの内より選択される少なくとも1種の元素を含む材料とを蒸着し、磁性結晶粒子、及び該磁性結晶粒子を取り囲む粒界領域とを有する垂直磁気記録層を形成する工程を含むことを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造方法を提供する。

本発明は、第3に、上記垂直磁気記録媒体と記録再生ヘッドとを具備することを特徴とする磁気記録再生装置を提供する。

#### 【0011】

本発明における垂直磁気記録媒体は、基板上に、下地層、及び磁化容易軸が基板に対し垂直に配向した垂直磁気記録層とを順に積層した多層構成を含み、垂直磁気記録層は、磁性結晶粒子と、この磁性結晶粒子を取り囲む粒界領域とを有し、この粒界領域は、Siの酸化物を含み、かつLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの内より選択される

少なくとも1種の元素を含有することができる。

【0012】

本発明においては、磁性結晶粒子の分断及び微細化のための添加物（添加材料）として、所定の成分元素を組み合わせ $\text{SiO}_x$ よりも融点またはガラス転移温度が低い複合酸化物を使用している。

これにより融点またはガラス転移温度が高い材料に比べて、融点またはガラス転移温度以下の同じ温度において、体弾性率または粘性が低くでき、特に体拡散における拡散の活性化エネルギーを減少し、拡散速度を劇的に増加することができる。従って、このような複合酸化物を、粒界領域として磁性結晶粒子材料と同時に蒸着に供すると、高速で拡散して、磁性結晶粒子内に残留することなく磁性結晶粒子の粒界に十分析出することが可能となる。このため、本発明によれば、磁性結晶粒子の分断及び微細化のための添加物として、上記の所定の成分元素を組み合わせた複合酸化物を使用することにより、磁性結晶粒子と過飽和固溶体を形成することなく微細化されたグラニューラ構造を形成することができる。

【0013】

$\text{Si}$ の酸化物への添加材料として好ましく用いられる元素としては $\text{Li}$ 、 $\text{Na}$ 、 $\text{K}$ 、 $\text{Rb}$ 、 $\text{Cs}$ 、 $\text{Ca}$ 、 $\text{Sr}$ 、及び $\text{Ba}$ が挙げられる。これらの元素は、シリカガラスに添加すると、そのガラス転移温度を低下させることができ、より好ましくは、 $\text{Li}$ 、 $\text{Na}$ 、 $\text{K}$ 、 $\text{Ca}$ である。これらの元素は、 $\text{SiO}_x$ のガラス転移温度を低下させる効果が特に高い。

【0014】

垂直磁性層中における添加材料の物質量の割合は、好ましくは1ないし20モル%である。これは、1モル%未満であると $\text{R}/\text{W}$ 特性における $\text{SNR}$ の顕著な向上効果が現れない傾向があり、20モル%を超えると $\text{R}/\text{W}$ 特性における再生出力が低下する傾向があるからである。

【0015】

複合酸化物中の、 $\text{Li}$ 、 $\text{Na}$ 、 $\text{K}$ 、 $\text{Rb}$ 、 $\text{Cs}$ 、 $\text{Ca}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Ba}$ の物質量の割合の合計は好ましくは1ないし30モル%である。1モル%未満では $\text{R}/\text{W}$ 特性における $\text{SNR}$ の顕著な向上効果が現れない傾向があり、30モル%を超えるとこれらの元素が $\text{SiO}_2$ と固溶しきれず、磁性粒子と結合することにより磁気特性に悪影響を及ぼす傾向がある。

【0016】

磁性結晶粒子材料としては、例えば $\text{Co}$ を主成分とし、 $\text{Pt}$ 及び $\text{Cr}$ を含有する合金を好ましく使用し得る。これらの合金は、高い結晶磁気異方性エネルギーを有しているため熱揺らぎ耐性が高く、好ましい。これらの合金系に、磁気特性を改善する目的で、必要に応じて $\text{Ta}$ や $\text{Cu}$ 、 $\text{B}$ といった添加元素を加えることができる。

磁性結晶粒子材料として、より好ましくは、 $\text{CoCrPt}$ 、 $\text{CoCrPtB}$ 、 $\text{CoCrPtTa}$ 、 $\text{CoCrPtNd}$ 、 $\text{CoCrPtCu}$ 等の合金があげられる。

本発明において、「主成分とする」とは、他の元素に比べて最も物質量が多い元素のことを意味するものである。

【0017】

垂直磁気記録層は、必要に応じて二層以上の多層構造にしてもよい。その場合、少なくとも一層が上記のような層であればよい。

【0018】

垂直磁気記録層の下地層としては、例えば $\text{Ru}$ 、 $\text{Rh}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Ti}$ 、 $\text{Ir}$ を用いることができる。これらの元素は、上記 $\text{CoCrPt}$ 合金との格子整合性が高く、垂直磁気記録層の結晶配向性を向上させることができるため好ましい。

上記下地層は、必要に応じて2以上の層の積層にすることができる。例えば基板側から、 $\text{NiTa}/\text{Ru}$ 、 $\text{NiTa}/\text{Rh}$ 、 $\text{NiTa}/\text{Pt}$ 、 $\text{NiTa}/\text{Pd}$ 、 $\text{NiTa}/\text{Ir}$ 、 $\text{NiTa}/\text{Ti}$ 、 $\text{NiNb}/\text{Ru}$ 、 $\text{NiNb}/\text{Rh}$ 、 $\text{NiNb}/\text{Pt}$ 、 $\text{NiNb}/\text{Pd}$ 、 $\text{NiNb}/\text{Ir}$ 、 $\text{NiNb}/\text{Ti}$ 、 $\text{NiTa}/\text{Pt}/\text{Ru}$ 、 $\text{NiTa}/\text{Pt}/\text{Rh}$ 、 $\text{NiTa}/\text{Pd}/\text{Ru}$ 、 $\text{NiTa}/\text{Pd}/\text{Rh}$ 、 $\text{NiNb}/\text{Pt}/\text{Ru}$ 、 $\text{NiNb}/\text{Pt}/$

Rh, NiNb/Pd/Ru, NiNb/Pd/Rh, 等の積層があげられる。

【0019】

上記下地層に、酸化物を添加し、グラニューラ構造とすることで、垂直磁気記録媒体のR/W特性をさらに向上させることができる。添加する酸化物としてはSi, Cr, Tiの酸化物が好ましく、Siの酸化物にLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baのうちから選択される少なくとも一種の元素を添加した複合酸化物をもちいると、R/W特性をさらに向上させることができる。

【0020】

下地層への上記酸化物の添加量は、好ましくは1ないし20モル%である。1モル%未満ではR/W特性におけるSNRの顕著な向上効果が現れない傾向があり、20モル%を超えると垂直磁気記録層の配向性が低下しR/W特性におけるSNRが低下する傾向がみられる。

【0021】

前記複合酸化物中のLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの物質量の割合の合計は好ましくは1ないし30モル%である。1モル%未満ではR/W特性におけるSNRの顕著な向上効果が現れない傾向があり、30モル%を超えるとこれらの元素がSiO<sub>2</sub>と固溶しきれず、垂直磁気記録層の配向性に悪影響を及ぼす傾向がある。

【0022】

グラニューラ構造をもつ下地層は二層以上の多層でも良く、また、垂直磁気記録層に直接接する層でも直接接する層でなくても構わない。

【0023】

上記下地層と基板との間には、軟磁性層を設けることができる。

高透磁率な軟磁性層を設けることにより、軟磁性層上に垂直磁気記録層を有するいわゆる垂直二層媒体が構成される。この垂直二層媒体において、軟磁性層は、垂直磁気記録層を磁化するための磁気ヘッド例えば単磁極ヘッドからの記録磁界を、水平方向に通して、磁気ヘッド側へ還流させるという磁気ヘッドの機能の一部を担っており、磁界の記録層に急峻で充分な垂直磁界を印加させ、記録再生効率を向上させる役目を果たし得る。

このような軟磁性層として、例えばCoZrNb, FeSiAl, FeTaC, CoTaC, NiFe, Fe, FeCoB, FeCoN, FeTaNがあげられる。

【0024】

また、軟磁性層と基板との間に、例えば面内硬磁性膜及び反強磁性膜等のバイアス付与層を設けることができる。軟磁性層は磁区を形成しやすく、この磁区からスパイク状のノイズが発生することから、バイアス付与層の半径方向の一方向に磁界を印加することにより、その上に形成された軟磁性層にバイアス磁界をかけて磁壁の発生を防ぐことができる。バイアス付与層を積層構造として異方性を細かく分散して大きな磁区を形成しにくくすることもできる。バイアス付与層材料としては、CoCrPt, CoCrPtB, CoCrPtTa, CoCrPtTaNd, CoSm, CoPt, CoPtO, CoPtCrO, CoPt-SiO<sub>2</sub>, CoCrPt-SiO<sub>2</sub>, CoCrPtO-SiO<sub>2</sub>があげられる。

【0025】

非磁性基板として、ガラス基板、Al系の合金基板あるいは表面が酸化したSi単結晶基板、セラミックス、及びプラスチック等を使用することができる。さらに、それら非磁性基板表面にNiP合金などのメッキが施されている場合でも同様の効果が期待される。

【0026】

磁気記録層上には、保護層を設けることができる。保護層としては、例えばC, ダイアモンドライクカーボン(DLC), SiN<sub>x</sub>, SiO<sub>x</sub>, CN<sub>x</sub>があげられる。

【0027】

本発明の垂直磁気記録媒体の製造方法においては、スパッタリング法として、コンポジットターゲットを用いた単元のスパッタリング法及びそれぞれの物質のターゲットを用いた、多元同時スパッタリング法を用いることができる。



## 【発明の効果】

## 【0028】

本発明の垂直磁気記録媒体においては、垂直磁気記録媒体としてのR/W特性向上し、磁性結晶粒子の結晶性や配向性を乱すことなく、磁性結晶粒子の粒径を微細化せしめ、良好なSNR特性を有し、高密度記録が可能な垂直磁気記録媒体及びこれを用いた磁気記録装置を提供することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0029】

以下、本発明に係るの第1実施形態を、図面に基づいて説明する。

図1は、本実施形態における垂直磁気記録媒体の一例を表す断面図であり、図において、符号10は垂直磁気記録媒体である。

## 【0030】

本実施形態における垂直磁気記録媒体10は、垂直磁気記録媒体は、基板上に、下地層、及び磁化容易軸が基板に対し垂直に配向した垂直磁気記録層とを順に積層した多層構成を含み、具体的には、図1に示すように、基板11上に、軟磁性層12、第2の下地層13、第1の下地層14、垂直磁気記録層（垂直磁性層）15、保護層16を順に積層した構成を有する。

## 【0031】

本実施形態における垂直磁気記録層15は、磁性結晶粒子と、この磁性結晶粒子を取り囲む粒界領域とを有し、この粒界領域は、Siの酸化物を含み、かつLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの内より選択される少なくとも1種の元素を含有する。

## 【0032】

この粒界領域は、磁性結晶粒子の分断及び微細化のため上記のように所定の成分元素を組み合わせた複合酸化物とされて、 $SiO_x$ よりも融点またはガラス転移温度が低くなる酸化物とされている。これにより、磁性結晶粒子と過飽和固溶体を形成することなく微細化されたグラニューラ構造が形成される。

## 【0033】

Siの酸化物への添加材料として好ましく用いられる元素としてはLi, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr、及びBaが挙げられる。これらの元素は、シリカガラスに添加すると、そのガラス転移温度を低下させることができることが知られている。より好ましくは、Li, Na, K, Caである。これらの元素は、 $SiO_x$ のガラス転移温度を低下させる効果が特に高いため、垂直磁気記録媒体におけるR/W特性を著しく向上することが可能となる。

## 【0034】

垂直磁性層15中における添加材料の物質量の割合は、好ましくは1ないし20モル%である。これは、1モル%未満であるとR/W特性におけるSNRの顕著な向上効果が現れない傾向があり、20モル%を超えるとR/W特性における再生出力が低下する傾向があるからである。

## 【0035】

垂直磁性層15中における複合酸化物中の、Li, Na, K, Rb, Cs, Ca, Sr, Baの物質量の割合の合計は好ましくは1ないし30モル%である。1モル%未満ではR/W特性におけるSNRの顕著な向上効果が現れない傾向があり、30モル%を超えるとこれらの元素が $SiO_2$ と固溶しきれず、磁性粒子と結合することにより磁気特性に悪影響を及ぼす傾向がある。

## 【0036】

垂直磁性層15中における磁性結晶粒子材料としては、例えばCoを主成分とし、Pt及びCrを含有する合金が好ましく、より好ましくは、 $CoCrPt$ 、 $CoCrPtB$ 、 $CoCrPtTa$ 、 $CoCrPtNd$ 、 $CoCrPtCu$ 等が適用される。これらの合金を適応することにより、高い結晶磁気異方性エネルギーを有して熱揺らぎ耐性が高く、さらに、必要に応じてTaやCu, Bといった添加元素を加えることで合金系の磁気特性を

改善することができる。

【0037】

垂直磁気記録層15は、必要に応じて二層以上の多層構造にしてもよい。その場合、少なくとも一層が上記のような層であればよい。

【0038】

グラニュラ構造をもつ下地層13、14としては、例えばRu、Rh、Pt、Pd、Ti、Irを用いることができる。これらの元素は、上記CoCrPt合金との格子整合性が高く、垂直磁気記録層15の結晶配向性を向上させることができるため好ましい。

上記下地層13、14の積層は、例えば基板側から、NiTa/Ru、NiTa/Rh、NiTa/Pt、NiTa/Pd、NiTa/Ti、NiNb/Ru、NiNb/Rh、NiNb/Pt、NiNb/Pd、NiNb/Ir、NiNb/Ti等の積層とされている。

また、下地層14は垂直磁気記録層15に直接接する層でなくとも構わない。

【0039】

上記下地層13、14に、酸化物を添加し、グラニュラ構造とすることで、垂直磁気記録媒体のR/W特性をさらに向上させることができる。添加する酸化物としてはSi、Cr、Tiの酸化物が好ましく、Siの酸化物にLi、Na、K、Rb、Cs、Ca、Sr、Baのうちから選択される少なくとも一種の元素を添加した複合酸化物をもちいると、R/W特性をさらに向上させることができる。

【0040】

下地層13、14への上記酸化物の添加量は、好ましくは1ないし20モル%である。1モル%未満ではR/W特性におけるSNRの顕著な向上効果が現れない傾向があり、20モル%を超えると垂直磁気記録層15の配向性が低下しR/W特性におけるSNRが低下する傾向がみられる。

【0041】

下地層13、14における複合酸化物中のLi、Na、K、Rb、Cs、Ca、Sr、Baの物質量の割合の合計は好ましくは1ないし30モル%である。1モル%未満ではR/W特性におけるSNRの顕著な向上効果が現れない傾向があり、30モル%を超えるとこれらの元素がSiO<sub>2</sub>と固溶しきれず、垂直磁気記録層15の配向性に悪影響を及ぼす傾向がある。

【0042】

軟磁性層12は、高透磁率なものとされ、下地層13と基板11との間に設けられることにより、軟磁性層12より上側に垂直磁気記録層15を有するいわゆる垂直二層媒体が構成される。この垂直二層媒体において、軟磁性層12は、垂直磁気記録層15を磁化するための磁気ヘッド例えば単磁極ヘッドからの記録磁界を、水平方向に通して、磁気ヘッド側へ還流させるという磁気ヘッドの機能の一部を担っており、磁界の記録層（垂直磁性層15）に急峻で充分な垂直磁界を印加させ、記録再生効率を向上させる役目を果たし得る。

このような軟磁性層12の材質として、例えばCoZrNb、FeSiAl、FeTaC、CoTaC、NiFe、Fe、FeCoB、FeCoN、FeTaNがあげられる。

【0043】

また、軟磁性層12と基板11との間に、例えば面内硬磁性膜及び反強磁性膜等のバイアス付与層を設けることができる。軟磁性層12は磁区を形成しやすく、この磁区からスパイク状のノイズが発生することから、バイアス付与層の半径方向の一方向に磁界を印加することにより、その上に形成された軟磁性層12にバイアス磁界をかけて磁壁の発生を防ぐことができる。バイアス付与層を積層構造として異方性を細かく分散して大きな磁区を形成しにくくすることもできる。バイアス付与層材料としては、CoCrPt、CoCrPtB、CoCrPtTa、CoCrPtTaNd、CoSm、CoPt、CoPtO、CoPtCrO、CoPt-SiO<sub>2</sub>、CoCrPt-SiO<sub>2</sub>、CoCrPtO-SiO<sub>2</sub>があげられる。

## 【0044】

非磁性基板11として、ガラス基板、Al系の合金基板あるいは表面が酸化したSi単結晶基板、セラミックス、及びプラスチック等を使用することができる。さらに、それら非磁性基板表面にNiP合金などのメッキが施されている場合でも同様の効果が期待される。

## 【0045】

垂直磁気記録層15上には、保護層16が設けられ、保護層16としては、例えばC、ダイヤモンドライクカーボン(DLC)、 $SiN_x$ 、 $SiO_x$ 、 $CN_x$ があげられる。

## 【0046】

本実施形態における垂直磁気記録媒体10を製造する際に、各層を積層する際の製造方法としてはスパッタリング法等の蒸着法が適応でき、特に、スパッタリング法として、コンボジットターゲットを用いた単元のスパッタリング法及びそれぞれの物質のターゲットを用いた、多元同時スパッタリング法を用いることができる。

## 【0047】

本実施形態における垂直磁気記録媒体10は、上記のような構成としたため、垂直磁気記録媒体としてのR/W特性向上し、磁性結晶粒子の結晶性や配向性を乱すことなく、磁性結晶粒子の粒径を微細化せしめ、良好なSNR特性を有し、高密度記録が可能な垂直磁気記録媒体及びこれを用いた磁気記録装置を提供することができる。

## 【0048】

特に、垂直磁性層15中において、高い結晶磁気異方性エネルギーを有して熱揺らぎ耐性が高くでき、磁気特性を改善することが可能となる。

ここで、前述した特許文献2には、磁性薄膜に少なくとも一種のアルカリ土類金属の酸化物を添加する技術が開示されており、アルカリ土類金属酸化物とともにSiOが包含されてもよいと記載されているが、該特許文献では本発明と異なり、SiOとアルカリ土類金属酸化物の組成比、あるいは、磁性膜中の酸化物の組成が規定されていないため、前記特許文献2に開示されている技術のみでは上記のようなSNRの顕著な向上効果を得ることはできない。

## 【0049】

以下、本発明に係る垂直垂直磁気記録媒体の第2実施形態を、図面に基づいて説明する。

図2は、本実施形態における垂直垂直磁気記録媒体20の一例を表す断面図である。

本実施形態において、上述の第1実施形態と異なるのは、図2に示すように、下地層が3層とされた点であり、それ以外の相当する構成要素には同一の符号を付してその説明を省略する。

## 【0050】

本実施形態における下地層13、13A、14は、グラニューラ構造をもつものとされて3層が積層され、例えば基板側から、NiTa/Pt/Ru、NiTa/Pt/Rh、NiTa/Pd/Ru、NiTa/Pd/Rh、NiNb/Pt/Ru、NiNb/Pt/Rh、NiNb/Pd/Ru、NiNb/Pd/Rh等の積層とすることもできる。

また、下地層14は垂直磁気記録層15に直接接する層でなくとも構わない。

## 【0051】

本実施形態における垂直垂直磁気記録媒体20では、第1実施形態と同様の効果を奏するとともに、下地層が3層とされているため、より良好なSNR値を得ることができる。

## 【0052】

図3に、本発明の磁気記録再生装置の一例を、部分解した斜視図を示す。

図3に示されるように、本発明の垂直磁気記録装置は、上面の開口した矩形箱状の筐体61と、複数のねじにより筐体61にねじ止めされる筐体の上端開口を開塞する図示しないトップカバーを有している。

## 【0053】

筐体61内には、上述した実施形態の垂直磁気記録媒体10を用いた磁気記録媒体62

、この磁気記録媒体62を支持及び回転させる駆動手段としてのスピンドルモータ63、磁気記録媒体62に対して磁気信号の記録及び再生を行う磁気ヘッド64、磁気ヘッド64を先端に搭載したサスペンションを有し且つ磁気ヘッド64を磁気記録媒体62に対して移動自在に支持するヘッドアクチュエータ65、ヘッドアクチュエータ65を回転自在に支持する回転軸66、回転軸66を介してヘッドアクチュエータ65を回転及び位置決めするボイスコイルモータ67、ヘッドアンプ回路68が収納されている。

このように、垂直磁気記録装置60の磁気記録媒体62に、本発明の各実施形態に係る垂直磁気記録媒体10を用いることができる。

本実施形態の垂直磁気記録再生装置によれば、上記のように、磁性結晶粒子の結晶性や配向性を乱すことなく、その磁性結晶粒子の粒径が微細化され、良好なSNR特性を示す垂直磁気記録媒体10を用いることで、高密度記録が可能な磁気記録再生装置を得ることができる。

#### 【実施例】

##### 【0054】

以下、実施例を示し、本発明を具体的に説明する。

##### ＜実施例1＞

実施例1として、図1に示した構造の垂直磁気記録媒体を作成した。まず、2.5インチハードディスク形状の非磁性ガラス基板を用意した。

スパッタリング装置の真空チャンバー内を $2 \times 10^{-5}$  Pa以下に排気した後、0.67 PaのAr雰囲気中で、軟磁性層として、 $\text{Co}_{84}\text{Zr}_6\text{Nb}_{10}$ ターゲットを使用し、 $\text{Co}_{84}\text{Zr}_6\text{Nb}_{10}$ 軟磁性層を200 nm、第2の下地層として、Taターゲットを使用し、Ta層を8 nm形成した。その後3 PaのAr雰囲気中で、第1の下地層として、Ruターゲットを使用し、Ru層を15 nm積層した。

##### 【0055】

次に、磁性結晶粒子材料として、 $\text{Co}-10\text{at}\%\text{Cr}-14\text{at}\%\text{Pt}$ 、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Li}_2\text{O}$ を混合したコンポジットターゲットを用い、磁気記録層を15 nm形成した。その後、0.67 PaのAr雰囲気中で、保護層としてCを7 nm積層した。成膜後、保護層表面にディップ法によりパーフルオロポリエーテル(PFPE)潤滑剤を1.3 nm (13 Å)の厚さに塗布し、各々磁気記録媒体を得た。各ターゲットへの投入電力は100 Wとした。磁気記録層の組成は、 $\text{CoCrPt}$ 合金と酸化物 $\text{SiO}_2 + \text{Li}_2\text{O}$ とのモル比を $(1-x):x$ 、酸化物中の $\text{SiO}_2$ と $\text{Li}_2\text{O}$ とのモル比を $(1-y):y$ として、 $x$ 、 $y$ をそれぞれ0から0.3、0から0.4の範囲で変化させた。

##### 【0056】

さらに、 $\text{Li}_2\text{O}$ の代わりに各々 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、 $\text{Cs}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、 $\text{BaO}$ を使用する以外は、同様にして種々の磁気記録媒体を得た。

各垂直磁気記録媒体について、スピンドルを用いてR/W特性を評価した。磁気ヘッドとして、記録トラック幅0.3  $\mu\text{m}$ の単磁極ヘッドと、再生トラック幅0.2  $\mu\text{m}$ のMRヘッドを組み合わせたものを用いた。

##### 【0057】

測定条件は、半径位置20 mmと一定の位置で、ディスクを4200 rpmで回転させて行った。

媒体SNRとして微分回路を通した後の微分波形の信号ノイズ比(SNR<sub>m</sub>) (但し、Sは線記録密度119 k f c iの出力、Nmは716 k f c iでのrms (root mean square) 値)の値を、また、記録分解能の指標として、微分波形の半値幅dPW50を評価した。

下記表1に、 $x=0.08$ 、 $y=0.05$ で各添加材料を添加した場合のSNR<sub>m</sub>値及びdPW50値を示す。

##### 【0058】

【表1】

添加材料	SNRm (dB)	dPW50 (nm)
SiO <sub>2</sub>	18.0	104
SiO <sub>2</sub> +Li <sub>2</sub> O	20.1	74
SiO <sub>2</sub> +Na <sub>2</sub> O	20.0	76
SiO <sub>2</sub> +K <sub>2</sub> O	20.2	72
SiO <sub>2</sub> +Rb <sub>2</sub> O	19.5	84
SiO <sub>2</sub> +Cs <sub>2</sub> O	19.3	80
SiO <sub>2</sub> +CaO	19.9	77
SiO <sub>2</sub> +SrO	19.7	78
SiO <sub>2</sub> +BaO	19.4	79

## 【0059】

上記表1に示すように、SNRm値及びdPW50値は、SiO<sub>2</sub>単体を添加した場合と比較すると、Li<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、Rb<sub>2</sub>O、Cs<sub>2</sub>O、CaO、SrO、BaOのいずれかをSiO<sub>2</sub>とともに添加した場合の方が、SNRmが勝っていることが分かった。

## 【0060】

また、図4に、添加材料がSiO<sub>2</sub>+Li<sub>2</sub>O (y=0.05) の場合について、添加量xとSNRm値の関係を表すグラフ図を示す。添加量が1モル%から20モル%の場合、SNRmが向上して、好ましいことが分かった。Li<sub>2</sub>Oの代わりに各々Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、Rb<sub>2</sub>O、Cs<sub>2</sub>O、CaO、SrO、BaOを添加した場合においても同様の傾向が見られた。

## 【0061】

また、図5に、添加量xが0.08の場合について、SiO<sub>2</sub>とLi<sub>2</sub>Oの比yとSNRm値の関係を示す。yが0.01から0.3の場合、SNRmが向上して、好ましいことが分かった。Li<sub>2</sub>Oの代わりに各々Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、Rb<sub>2</sub>O、Cs<sub>2</sub>O、CaO、SrO、BaOを添加した場合においても同様の傾向が見られた。

## 【0062】

次に、SiO<sub>2</sub>+Li<sub>2</sub>Oの添加量x=0.08、y=0.05のものについて、加速電圧400kVの透過型電子顕微鏡(TEM)を用いて記録層部分の微細構造を観察した。その結果、磁性結晶粒子部分と結晶粒界部分が明確に観察され、磁性結晶粒子を粒界領域が取り囲むグラニューラ構造が形成されていることが分かった。また、エネルギー分散型X線分析法(EDX)によって、結晶粒界部分の元素分析を行った結果、結晶粒界部分にSiとLiが存在していることが確認された。

## 【0063】

次に、添加材料がSiO<sub>2</sub>+Li<sub>2</sub>Oの場合について、第2の下地層をTa、Ni-40at%Ta、あるいはNi-30at%Nbに置き換え、第2の下地層をRu、Rh、Pt、Pd、IrあるいはTiに各々置き換えること以外は、同様にして、下記表2に示す種々の下地層の組合せを有する磁気記録媒体を作成し、評価した。

添加量x=0.08、y=0.05の場合についてのSNRm値を下記表2に示す。

## 【0064】

【表2】

第2の下地層	第1の下地層	SNRm (dB)
Ta	Ru	20.1
Ta	Rh	19.8
Ta	Pt	19.6
Ta	Pd	19.8
Ta	Ir	19.5
Ta	Ti	19.4
NiTa	Ru	20.4
NiTa	Rh	20.2
NiTa	Pt	19.9
NiTa	Pd	19.9
NiTa	Ir	19.4
NiTa	Ti	19.4
NiNb	Ru	20.3
NiNb	Rh	20.0
NiNb	Pt	20.0
NiNb	Pd	19.6
NiNb	Ir	19.3
NiNb	Ti	19.4

## 【0065】

上記表2から明らかなように、いずれの下地層を用いた場合も良好なSNRm値が得られ、好ましいことが分かった。同様の傾向は、 $Li_2O$ の代わりに各々 $Na_2O$ 、 $K_2O$ 、 $Rb_2O$ 、 $Cs_2O$ 、 $CaO$ 、 $SrO$ 、 $BaO$ を添加した場合においても見られた。

## 【0066】

次に、図2に示した構造の垂直磁気記録媒体20のように、第2の下地層と軟磁層の間に、第3の下地層を設けた以外は同様にして、下記表3に示す種々の下地層の組合せを有する磁気記録媒体を作成し、評価した。

添加量 $x=0.08$ 、 $y=0.05$ の場合についてのSNRm値を下記表3に示す。

## 【0067】

〔表3〕

第3の下地層	第2の下地層	第1の下地層	SNRm (dB)
Ta	Pt	Ru	20.5
Ta	Pd	Ru	20.4
Ta	Ir	Ru	20.0
Ta	Ti	Ru	19.7
Ta	Pt	Rh	20.4
Ta	Pd	Rh	20.5
Ta	Ir	Rh	20.1
Ta	Ti	Rh	19.7
NiTa	Pt	Ru	20.6
NiTa	Pd	Ru	20.6
NiTa	Ir	Ru	19.8
NiTa	Ti	Ru	19.6
NiTa	Pt	Rh	20.2
NiTa	Pd	Rh	20.1
NiTa	Ir	Rh	19.5
NiTa	Ti	Rh	19.4
NiNb	Pt	Ru	20.5
NiNb	Pd	Ru	20.6
NiNb	Ir	Ru	19.7
NiNb	Ti	Ru	19.7
NiNb	Pt	Rh	19.9
NiNb	Pd	Rh	20.2
NiNb	Ir	Rh	19.7
NiNb	Ti	Rh	19.8

## 〔0068〕

上記表3から明らかなように、いずれの下地層を用いた場合も良好なSNRm値が得られ、好ましいことが分かった。同様の傾向は、 $\text{Li}_2\text{O}$ の代わりに各々 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{Rb}_2\text{O}$ 、 $\text{Cs}_2\text{O}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{SrO}$ 、 $\text{BaO}$ を添加した場合においても見られた。

## 〔0069〕

## ＜実施例2＞

実施例2として、2.5インチハードディスク形状の非磁性ガラス基板を用意した。

スパッタリング装置の真空チャンバー内を $2 \times 10^{-5} \text{ Pa}$ 以下に排気した後、0.67 PaのAr雰囲気中で、軟磁性層として、 $\text{Co}_{84}\text{Zr}_6\text{Nb}_{10}$ ターゲットを使用し、 $\text{Co}_{84}\text{Zr}_6\text{Nb}_{10}$ 軟磁性層を200 nm、第2の下地層として、Taターゲットを使用し、Ta層を8 nm形成した。その後3 PaのAr雰囲気中で、第1の下地層として、Ruと $\text{SiO}_2$ を混合したコンボジットターゲットを使用し、Ru- $\text{SiO}_2$ 層を1

5 nm積層した。

【0070】

次に、磁性結晶粒子材料として、Co-10at%Cr-14at%Pt、SiO<sub>2</sub>、Li<sub>2</sub>Oを混合したコンポジットターゲットを用い、磁気記録層を15 nm形成した。その後、0.67 PaのAr雰囲気中で、保護層としてCを7 nm積層した。成膜後、保護層表面にディップ法によりPFPE潤滑剤を1.3 nm (13 Å)の厚さに塗布し、各々磁気記録媒体を得た。各ターゲットへの投入電力は1000 Wとした。第1の下地層の組成は、RuとSiO<sub>2</sub>のモル比を(1-a):aとして、aを0から0.3の範囲で変化させた。磁気記録層の組成は、実施例1と同様に变化させた。

【0071】

さらに、磁気記録層のLi<sub>2</sub>Oの代わりに各々Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、Rb<sub>2</sub>O、Cs<sub>2</sub>O、CaO、SrO、BaOを使用し、下地層1のSiO<sub>2</sub>の代わりに各々Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、TiOを使用する場合についても、同様にして種々の垂直磁気記録媒体を得た。

作製した媒体について、実施例1と同様の方法でR/W特性を評価した。x=0.08、y=0.05、a=0.05の場合について、SNR<sub>m</sub>値及びdPW50値を下記表4に示す。

【0072】

【表4】

第1の下地層	SNR <sub>m</sub> (dB)	dPW50 (nm)
Ru	20.1	74
Ru-SiO <sub>2</sub>	20.7	72
Ru-Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.6	72
Ru-TiO <sub>2</sub>	20.5	73
Ru-TiO	20.8	70

【0073】

第1の下地層がRu単体の場合と比較すると、SiO<sub>2</sub>、Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、TiOのいずれかを添加した場合でも、SNR<sub>m</sub>が勝っていることが分かった。

【0074】

図6に、第1の下地層への添加材料がSiO<sub>2</sub>の場合について、添加量aとSNR<sub>m</sub>値の関係を示す。添加量aが0.01から0.2の範囲の場合、SNR<sub>m</sub>が向上して、さらに好ましいことが分かった。Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、TiOを添加した場合においても同様の傾向が見られた。

【0075】

次に、第1の下地層への添加材料がSiO<sub>2</sub>の場合について、第2の下地層をTa、Ni-40at%Ta、あるいはNi-30at%Nbに置き換え、第1の下地層のRuの代わりに、Rh、Pt、Pd、Ir、あるいはTiを使用すること以外は、同様にして、下記表5に示す種々の下地層の組合せを有する磁気記録媒体を作成し、評価した。添加量a=0.05の場合についてのSNR<sub>m</sub>値を表5に示す。

【0076】



【表5】

第2の下地層	第1の下地層	SNRm (dB)
Ta	Ru-SiO <sub>2</sub>	20.7
Ta	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.6
Ta	Pt-SiO <sub>2</sub>	20.5
Ta	Pd-SiO <sub>2</sub>	20.6
Ta	Ir-SiO <sub>2</sub>	20.4
Ta	Ti-SiO <sub>2</sub>	20.3
NiTa	Ru-SiO <sub>2</sub>	20.8
NiTa	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.6
NiTa	Pt-SiO <sub>2</sub>	20.6
NiTa	Pd-SiO <sub>2</sub>	20.7
NiTa	Ir-SiO <sub>2</sub>	20.4
NiTa	Ti-SiO <sub>2</sub>	20.2
NiNb	Ru-SiO <sub>2</sub>	20.8
NiNb	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.8
NiNb	Pt-SiO <sub>2</sub>	20.4
NiNb	Pd-SiO <sub>2</sub>	20.4
NiNb	Ir-SiO <sub>2</sub>	20.1
NiNb	Ti-SiO <sub>2</sub>	20.2

【0077】

いずれの下地層を用いた場合も良好なSNRm値が得られ、好ましいことが分かった。同様の傾向は、第1の下地層への添加材料としてCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、TiOを使用した場合においても見られた。

【0078】

次に、第2の下地層と軟磁層の間に、第3の下地層を設けた以外は同様にして、下記表6に示す種々の下地層の組合せを有する磁気記録媒体を作成し、評価した。添加量a=0.05の場合についてのSNRm値を表6に示す。

【0079】

【表6】

第3の下地層	第2の下地層	第1の下地層	SNR <sub>m</sub> (dB)
Ta	Pt	Ru-SiO <sub>2</sub>	20.9
Ta	Pd	Ru-SiO <sub>2</sub>	20.7
Ta	Ir	Ru-SiO <sub>2</sub>	20.4
Ta	Ti	Ru-SiO <sub>2</sub>	20.5
Ta	Pt	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.7
Ta	Pd	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.7
Ta	Ir	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.4
Ta	Ti	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.3
NiTa	Pt	Ru-SiO <sub>2</sub>	21.1
NiTa	Pd	Ru-SiO <sub>2</sub>	21.0
NiTa	Ir	Ru-SiO <sub>2</sub>	20.5
NiTa	Ti	Ru-SiO <sub>2</sub>	20.6
NiTa	Pt	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.4
NiTa	Pd	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.8
NiTa	Ir	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.7
NiTa	Ti	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.4
NiNb	Pt	Ru-SiO <sub>2</sub>	21.1
NiNb	Pd	Ru-SiO <sub>2</sub>	21.0
NiNb	Ir	Ru-SiO <sub>2</sub>	20.6
NiNb	Ti	Ru-SiO <sub>2</sub>	20.7
NiNb	Pt	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.9
NiNb	Pd	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.7
NiNb	Ir	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.3
NiNb	Ti	Rh-SiO <sub>2</sub>	20.4

## 【0080】

いずれの下地層を用いた場合も良好なSNR<sub>m</sub>値が得られ、好ましいことが分かった。同様の傾向は、第1の下地層への添加材料としてCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、TiOを使用した場合においても見られた。

また、第1の下地層への材料添加による、上のようなSNR<sub>m</sub>改善効果は、磁気記録層のLi<sub>2</sub>Oの代わりに、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、Rb<sub>2</sub>O、Cs<sub>2</sub>O、CaO、SrO、あるいはBaOを各々使用した場合についても、それぞれ同様に確認された。

## 【0081】

## ＜実施例3＞

実施例3として、2.5インチハードディスク形状の非磁性ガラス基板を用意した。

スパッタリング装置の真空チャンバー内を2×10<sup>-5</sup>Pa以下に排気した後、0.67PaのAr雰囲気中で、軟磁性層として、Co<sub>84</sub>Zr<sub>6</sub>Nb<sub>10</sub>ターゲットを使用し、Co<sub>84</sub>Zr<sub>6</sub>Nb<sub>10</sub>軟磁性層を200nm、第2の下地層として、Taターゲットを使用し、Ta層を8nm形成した。その後3PaのAr雰囲気中で、第1の下地層として、Ru、SiO<sub>2</sub>、Li<sub>2</sub>Oを混合したコンポジットターゲットを使用し、Ru-SiO<sub>2</sub>-Li<sub>2</sub>O層を15nm積層した。

## 【0082】

次に、磁性結晶粒子材料として、Co-10at%Cr-14at%Pt、SiO<sub>2</sub>、

Li<sub>2</sub>Oを混合したコンポジットターゲットを用い、磁気記録層を15nm形成した。その後、0.67PaのAr雰囲気中で、保護層としてCを7nm積層した。成膜後、保護層表面にディップ法によりPFPE潤滑剤を1.3nm(13Å)の厚さに塗布し、各々磁気記録媒体を得た。各ターゲットへの投入電力は1000Wとした。第1の下地層の組成は、Ruと酸化物SiO<sub>2</sub>+Li<sub>2</sub>Oのモル比を(1-a):a、酸化物中のSiO<sub>2</sub>とLi<sub>2</sub>Oのモル比を(1-b):bとして、a, bをそれぞれ0から0.3、0から0.4の範囲で変化させた。磁気記録層の組成は、実施例1と同様に变化させた。

【0083】

さらに、磁気記録層のLi<sub>2</sub>Oの代わりに各々Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Rb<sub>2</sub>O, Cs<sub>2</sub>O, CaO, SrO, BaOを使用し、第1の下地層のLi<sub>2</sub>Oの代わりに各々Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Rb<sub>2</sub>O, Cs<sub>2</sub>O, CaO, SrO, BaOを使用する場合についても、同様にして種々の垂直磁気記録媒体を得た。

作製した媒体について、実施例1と同様の方法でR/W特性を評価した。x=0.08, y=0.05, a=0.05, b=0.05の場合について、SNRm値及びdPW50値を下記表7に示す。

【0084】

【表7】

添加材料	SNRm (dB)	dPW50 (nm)
SiO <sub>2</sub>	20.7	72
SiO <sub>2</sub> +Li <sub>2</sub> O	21.6	67
SiO <sub>2</sub> +Na <sub>2</sub> O	21.4	68
SiO <sub>2</sub> +K <sub>2</sub> O	21.7	67
SiO <sub>2</sub> +Rb <sub>2</sub> O	21.1	69
SiO <sub>2</sub> +Cs <sub>2</sub> O	21.0	68
SiO <sub>2</sub> +CaO	21.5	67
SiO <sub>2</sub> +SrO	21.2	70
SiO <sub>2</sub> +BaO	21.0	70

【0085】

第1の下地層がRu-SiO<sub>2</sub>単体の場合と比較すると、SiO<sub>2</sub>とともにLi<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Rb<sub>2</sub>O, Cs<sub>2</sub>O, CaO, SrO, BaOいずれかを添加すると、SNRm改善して好ましいことが分かった。

【0086】

図7に、第1の下地層への添加材料がSiO<sub>2</sub>+Li<sub>2</sub>O (b=0.05) の場合について、添加量aとSNRm値の関係を示す。添加量aが0.01から0.2の範囲の場合、SNRmが向上して、さらに好ましいことが分かった。Li<sub>2</sub>Oの代わりに各々Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Rb<sub>2</sub>O, Cs<sub>2</sub>O, CaO, SrO, BaOを使用する場合においても同様の傾向が見られた。

【0087】

図8に、第1の下地層への添加材料がSiO<sub>2</sub>+Li<sub>2</sub>O (a=0.05) の場合について、酸化物中のモル比bとSNRm値の関係を示す。酸化物中のモル比bが0.01から0.3の範囲の場合、SNRmが向上して、さらに好ましいことが分かった。Li<sub>2</sub>Oの代わりに各々Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, Rb<sub>2</sub>O, Cs<sub>2</sub>O, CaO, SrO, BaOを使用する場合においても同様の傾向が見られた。

【0088】

次に、第1の下地層への添加材料がSiO<sub>2</sub>+Li<sub>2</sub>Oの場合について、第1の下地層をTa, Ni-40at%Ta,あるいはNi-30at%Nbに置き換え、第2の下地

層のRuの代わりに、Rh、Pt、Pd、Ir、あるいはTiを使用すること以外は、同様に、下記表8に示す種々の下地層の組合せを有する磁気記録媒体を作成し、評価した。 $a=0.05$ 、 $b=0.05$ の場合についてのSNRm値を表8に示す。

【0089】

【表8】

第2の下地層	第1の下地層	SNRm (dB)
Ta	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.6
Ta	Rh-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.4
Ta	Pt-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.0
Ta	Pd-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.0
Ta	Ir-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	20.8
Ta	Ti-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	20.7
NiTa	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.8
NiTa	Rh-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.6
NiTa	Pt-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.0
NiTa	Pd-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.1
NiTa	Ir-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	20.9
NiTa	Ti-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	20.9
NiNb	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.9
NiNb	Rh-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.7
NiNb	Pt-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.3
NiNb	Pd-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.0
NiNb	Ir-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.0
NiNb	Ti-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	20.7

【0090】

いずれの下地層を用いた場合も良好なSNRm値が得られ、好ましいことが分かった。同様の傾向は、第1の下地層への添加材料としてLi<sub>2</sub>Oの代わりに各々Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、Rb<sub>2</sub>O、Cs<sub>2</sub>O、CaO、SrO、BaOを使用する場合においても同様の傾向が見られた。

また、第1の下地層への材料添加による、上のようなSNRm改善効果は、磁気記録層のLi<sub>2</sub>Oの代わりに、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、Rb<sub>2</sub>O、Cs<sub>2</sub>O、CaO、SrO、あるいはBaOを各々使用した場合についても、それぞれ同様に確認された。

【0091】

次に、第2の下地層と軟磁層の間に、第3の下地層を設けた以外は同様に、下記表9に示す種々の下地層の組合せを有する磁気記録媒体を作成し、評価した。添加量 $a=0.05$ 、 $b=0.05$ の場合についてのSNRm値を表9に示す。

【0092】

【表9】

第3の下地層	第2の下地層	第1の下地層	SNRm (dB)
Ta	Pt	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	22.0
Ta	Pd	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.8
Ta	Ir	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.6
Ta	Ti	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.6
Ta	Pt	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.6
Ta	Pd	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.7
Ta	Ir	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.6
Ta	Ti	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.5
NiTa	Pt	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	22.1
NiTa	Pd	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	22.1
NiTa	Ir	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.9
NiTa	Ti	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.8
NiTa	Pt	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.7
NiTa	Pd	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.9
NiTa	Ir	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.9
NiTa	Ti	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.9
NiNb	Pt	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	22.2
NiNb	Pd	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	22.0
NiNb	Ir	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.8
NiNb	Ti	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.9
NiNb	Pt	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.8
NiNb	Pd	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.8
NiNb	Ir	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.6
NiNb	Ti	Ru-SiO <sub>2</sub> -Li <sub>2</sub> O	21.5

## 【0093】

いずれの下地層を用いた場合も良好なSNRm値が得られ、好ましいことが分かった。同様の傾向は、第1の下地層への添加材料としてCr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、TiOを使用した場合においても見られた。

また、第1の下地層への材料添加による、上のようなSNRm改善効果は、磁気記録層のLi<sub>2</sub>Oの代わりに、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O、Rb<sub>2</sub>O、Cs<sub>2</sub>O、CaO、SrO、あるいはBaOを各々使用した場合についても、それぞれ同様に確認された。

【産業上の利用可能性】

## 【0094】

本発明の活用例として、本発明の垂直磁気記録媒体は、磁気トラック幅0.25μm、0.15μm程度の狭トラック幅で、再生信号出力、線記録密度が良好な磁気記録装置として適用することができる。

【図面の簡単な説明】

## 【0095】

【図1】本発明に係る垂直磁気記録媒体の第1実施形態を示す断面図である。

【図2】本発明に係る垂直磁気記録媒体の第2実施形態を示す断面図である。

【図3】本発明に係る垂直磁気記録装置の一例を一部分解した斜視図である。

【図4】実施例1の添加材料添加量とSNRm値の関係を示すグラフである。

【図5】実施例1の添加材料中のLi<sub>2</sub>O添加量とSNRm値の関係を示すグラフで

ある。

【図6】実施例2の添加材料添加量とSNRm値の関係を示すグラフである。

【図7】実施例3の添加材料添加量とSNRm値の関係を示すグラフである。

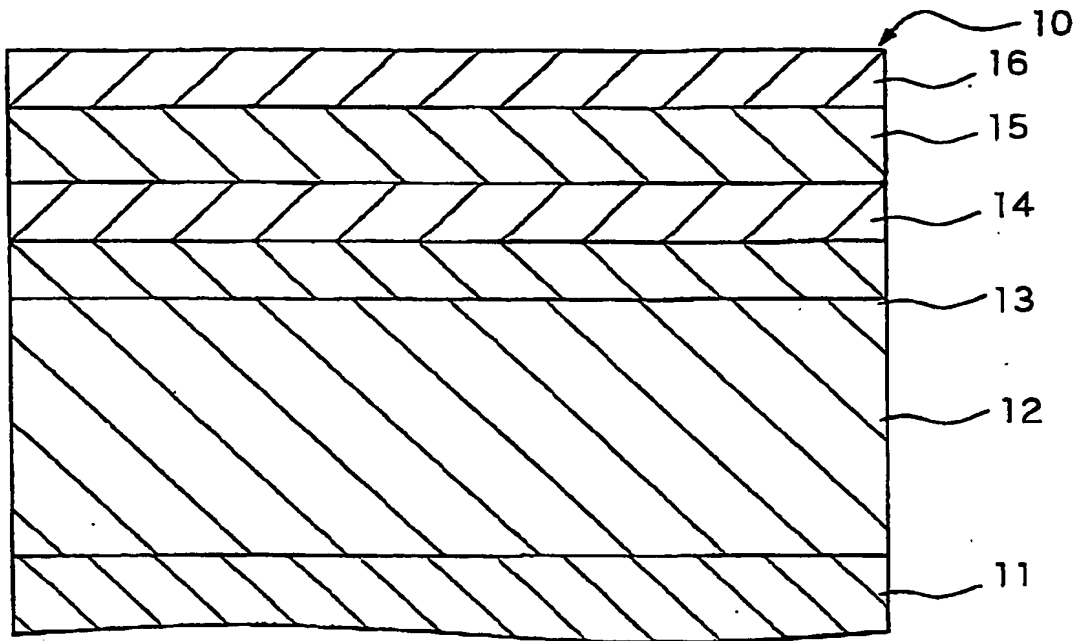
【図8】実施例3の添加材料中のLi<sub>2</sub>O添加量とSNRm値の関係を示すグラフである。

【符号の説明】

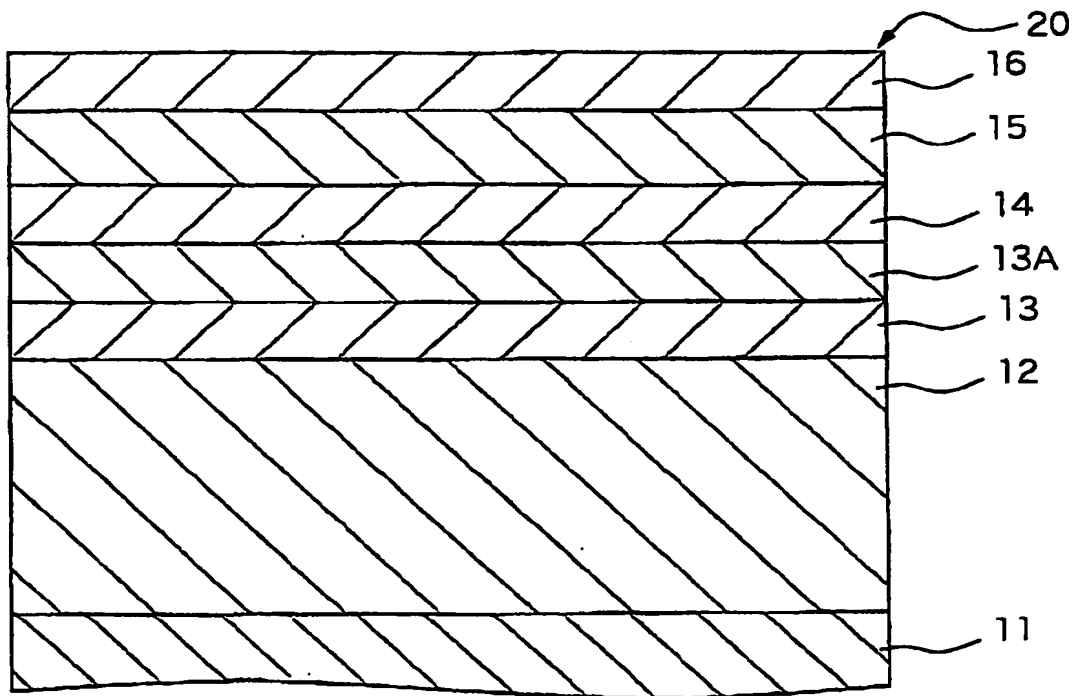
【0096】

11…基板、12…軟磁性層、13、14…下地層、15…垂直磁性層（垂直磁気記録層）、16…保護層、10、20…垂直磁気記録媒体、60…垂直磁気記録装置、61…筐体、62…磁気記録媒体、63…スピンドルモータ、64…磁気ヘッド、65…ヘッドアクチュエータ、66…回転軸、67…ボイスコイルモータ、68…ヘッドアンプ回路

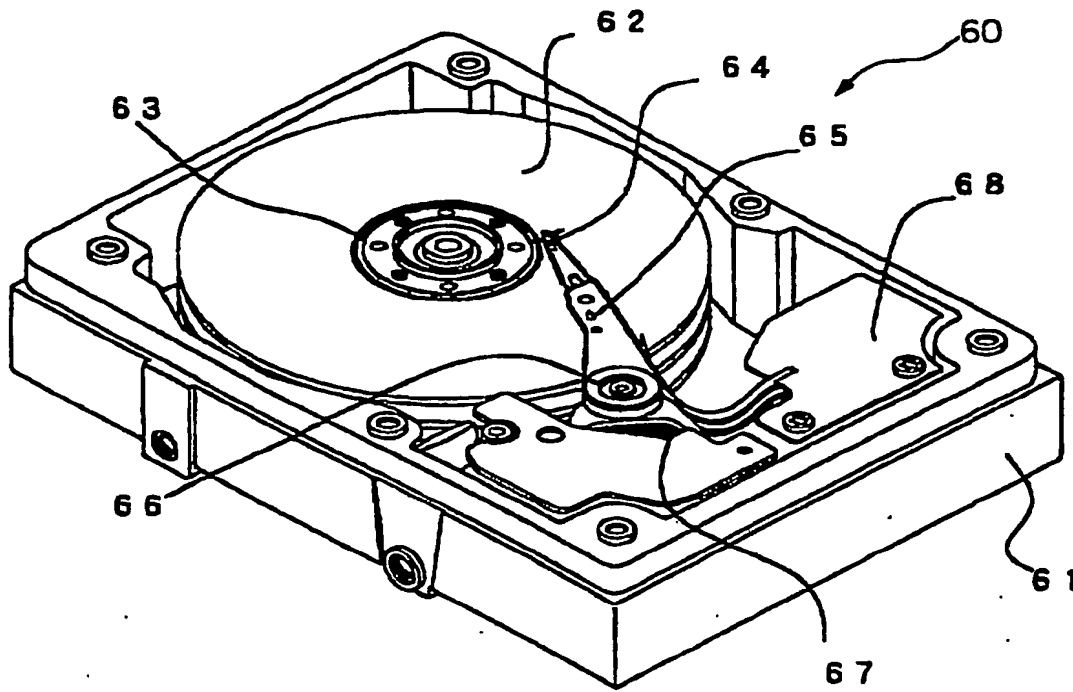
【書類名】図面  
【図 1】



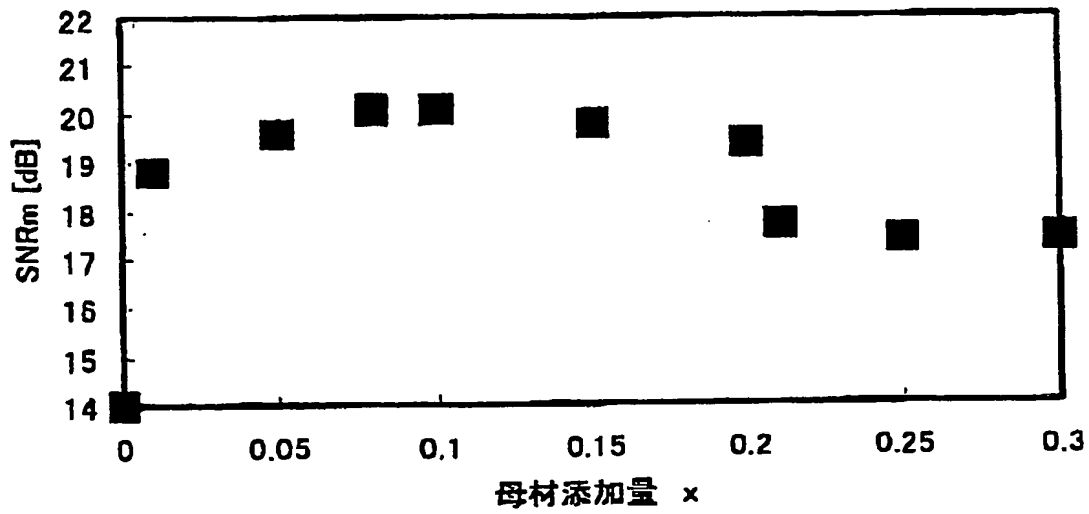
【図 2】



【図 3】

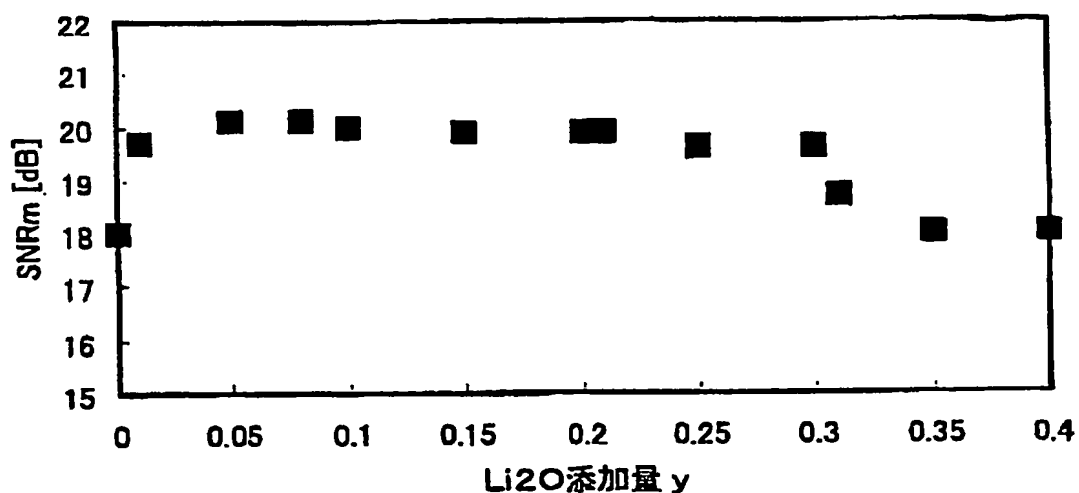


【図 4】

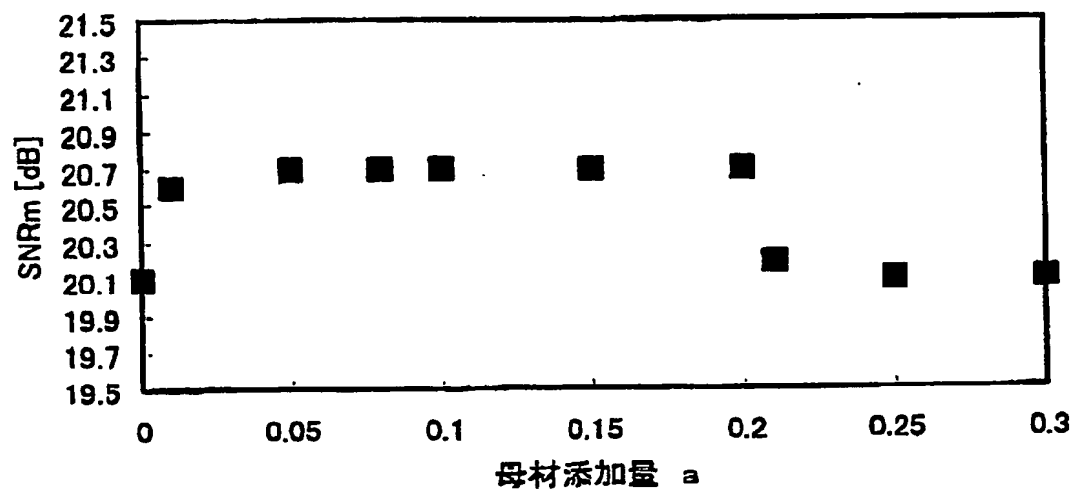




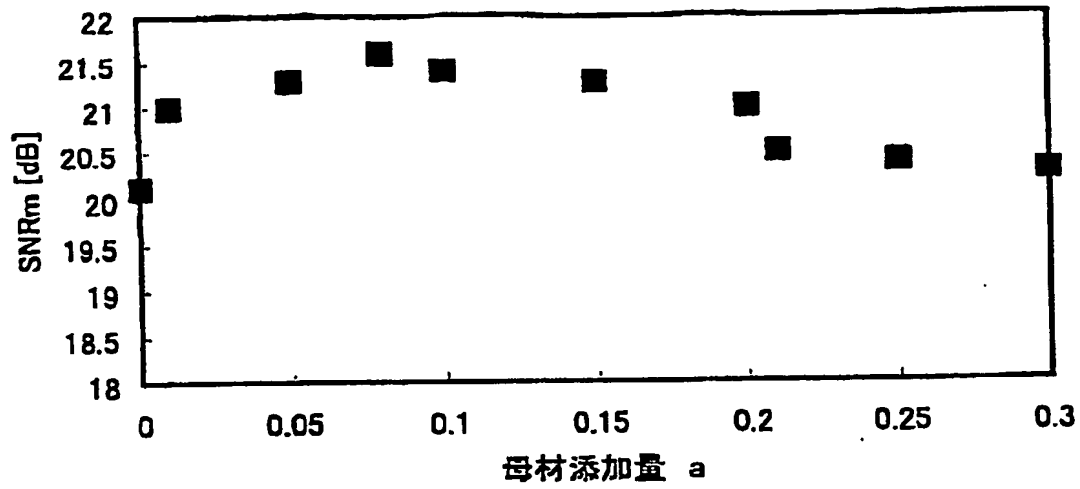
【図 5】



【図 6】



【図 7】



【図 8】

